



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건학 석사 학위논문

항공기 정비사의 작업 환경과

혈중 중금속에 대한 연구

A study on working environment of aircraft maintenance

mechanics and their heavy metals in blood

2017년 8월

서울대학교 보건대학원

환경보건학과

류 기 욱

# 항공기 정비사의 작업 환경과

## 혈중 중금속에 대한 연구

A study on working environment of aircraft maintenance

mechanics and their heavy metals in blood

지도교수 최 경 호

이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함

2017년 5월

서울대학교 보건대학원

환경보건학과 환경보건전공

류 기 욱

류 기 욱의 보건학석사 학위논문을 인준함

2017년 7월

위 원 장 윤 충 식 (인)

부위원장 김 성 균 (인)

위 원 최 경 호 (인)

## 국문 초록

**연구목적:** 본 연구의 목적은 정비사의 혈중 카드뮴, 망간, 납 농도의 분석을 통해 혈중 중금속에 영향을 주는 일반적, 건강 행태적, 작업 환경적 요인을 알아보기 위함이다. 또한 산화적 손상 지표인 요중 MDA (Malondialdehyde) 농도의 분석으로 혈중 중금속 농도와 요중 MDA 농도의 상관성을 확인하여 중금속 노출이 산화적 손상에 미치는 영향을 확인하는 것이다.

**연구방법:** 2010년 봄에 공군 비행단 항공기 정비사 48명을 대상으로 혈액과 소변 샘플을 수집하고, 설문조사를 하였다. 혈액 시료는 공군 부대에서 분석하였고, 소변 시료는 서울대학교 보건대학원 실험실에서 분석하였다. 자료의 통계 분석은 SAS (version 9.4: SAS Institute Inc. Cary, NC)를 이용하여 일반적, 건강 행태적, 작업 환경적 요인에 따른 혈중 중금속 농도를 분석 하였다.

**연구결과:** 작업 환경적 요인에 따라 혈중 중금속 농도의 차이를 분석하였을 때 개인보호장구를 착용시 혈중 망간 농도가 높았고 이는 미착용 정비사와 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 개인보호장구 착용 여부와 특수건강진단 수검 여부에 따른 차이를 분석한 결과 특수건강진단을 받은 정비사가 진단을 받지 않은 정비사보다 개인보호장구 착용 비율이 높았으며 통계적으로 유의하였다( $p<0.05$ ). 이를 통해서 개인보호장구를 착용하는 정비사는 미착용 정비사보다 중금속에 많이 노출되는 환경에 있으며 개인보호장구 착용시에도 혈중 망간이 높을 수 있음을 추론할 수 있다.

작업 환경적 특성과 혈중 카드뮴, 납 검출 여부에 따라 분석하였을 때 국소배기장치 사용 시는 미사용 시 보다 혈중 카드뮴, 납의 불검출 비율이 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). 혈중 중금속 농도 상위 50%그룹과 하위 50%그룹을 나누었을 때 혈중 카드뮴 농도 상위 50%그룹에 속해 있는 정비사가 하위 50%그룹에 속해 있는 정비사보다 국소배기장치를 사용하지 않은 비율이 통계적으로 유의하게 높았고( $p<0.05$ ) 실외작업시간이 2시간 미만인 비율이 높았다( $p<0.1$ ).

생체노출지표 간의 상관성을 분석하였을 때 혈중 망간 농도와 요중 MDA 농도가 유의한 양의 상관관계를 보였다( $p<0.05$ ).

**결론:** 결과적으로 항공기 정비사의 혈중 중금속에 영향을 미치는 작업 환경적 요인은 근무기간, 실외작업시간, 국소배기장치 사용 여부, 개인보호장구 착용 여부가 중요한 요인으로 작용함을 알 수 있었다. 정비작업 시 노출되는 중금속이 산화적 손상에 영향을 줄 수 있다.

---

주요어: 항공기 정비사, 혈중 중금속, malondialdehyde, 산화적 손상, 개인 보호장구, 국소배기장치

학번: 2008-22153

## <목 차>

1. 서론.....	1
2. 연구방법.....	5
2.1. 연구대상 및 설문조사.....	5
2.2. 생체 시료 수집 및 측정 .....	6
2.3. 통계적 분석.....	7
3. 연구결과.....	9
3.1. 연구대상 특성.....	9
3.2. 혈중 중금속 농도와 요중 MDA 농도 분석 결과.....	12
3.3. 혈중 중금속 농도와 요중 MDA 농도의 상관성 분석.....	33
4. 고찰.....	35
5. 결론.....	41
참고문헌.....	42
부록.....	46
Abstract.....	53

## 〈표 목차〉

Table 1. General characteristics of study population.....	10
Table 2. Cadmium and manganese concentrations according to demographic characteristics in mechanics.....	13
Table 3. Cadmium and manganese concentrations according to behavior characteristics in mechanics.....	15
Table 4. Cadmium and manganese concentrations according to working characteristics in mechanics.....	17
Table 5. Detection status of cadmium according to working duration in mechanics.....	19
Table 6. Detection status of cadmium and manganese according to occupational behavior in mechanics .....	21
Table 7. Detection status of cadmium according to occupational behaviors in mechanics .....	22
Table 8. Manganese in blood- odds ratio for personal protector use in mechanics.....	24
Table 9. Relationship between personal protector use and special hospital examination in mechanics.....	25
Table 10. Lead concentrations according to demographic, behavior, and working characteristics in mechanics.....	28
Table 11. Detection status of lead according to occupational behaviors in mechanics .....	30
Table 12. MDA concentrations according to demographic and behavior characteristics in mechanics.....	32
Table 13. Spearman's correlation coefficients among biological endpoints in bloods	

or urine.....	34
---------------	----



## <그림 목차>

Figure 1. Scheme of correlation among individual factors, health behaviors, and working behaviors in mechanics.....	4
---	---

## 1. 서론

공군에서는 보유하고 있는 항공기 수의 증가와 함께 화학물질을 사용한 항공기 정비작업량이 증가하고 있는 추세이며 많은 수의 항공기 정비사가 정비작업에 투입되고 있다(정재식 등, 2006). 정비사들은 간부의 경우 5년 이상 근무한 경우가 전체 정비사의 약 50%이며 반복적인 정비작업으로 인해 장기간 화학물질에 노출되고 있다(정재식 등, 2006). 항공기 정비사의 업무는 용접, 판금, 페인트 도색 및 제거 등이며 정비사는 정비작업 과정 중에 카드뮴, 망간, 납 등이 포함된 중금속에 지속적으로 노출되고 있다. 이러한 중금속은 체내에 지속적으로 축적 시 신장 장애, 중추신경 장애, 신경학적 장애를 일으키는 것으로 알려져 있다(Gorell 등, 1999; Johri 등, 2010; Peters 등, 2010; Navas-Acien 등, 2007).

Mackenthun의 연구(2015)에서는 미국 공군 장병들이 화학물질 사용으로 인해 직업병에 걸릴 수 있음을 보고하였으며 이에 대한 예방책으로 근로자들이 화학물질에 대한 이해와 안전한 사용에 대해 중요하게 언급하였다. 또한 NIOSH(미국 산업안전보건연구소, National Institute for Occupational Safety and Health)연구 보고서(2013)에 따르면 공기 중 납 농도가 법적 허용 기준치 이하인 경우도 작업장 기계 등의 표면에 납이 남아있을 수 있으며 이로 인해 작업자의 건강에 영향을 줄 수 있다고 하였다. Bennett 등(2016)의 연구에 의하면 미 공군 항공기 도장 격납고 내 공기 중 6가 크롬(hexavalent chromium)과 이소시아나이트(isocyanate)가 허용기준치를 초과한다는 보고를 하며 정비사 건강보호를 위한 개인보호장구 사용을 강조하였다. 이러한 항공기 정비사의 작업 환경에

대한 관심에 따라 OSHA(미국 산업안전보건청, Occupational safety and health administration)에서는 항공기 정비사 대상으로 화학물질의 안전한 사용에 대한 홍보와 정비사 화학물질 사용, 소음 등의 항공사 안전 프로그램을 시행하고(OSHA, 2016) NIOSH에서는 항공기 정비작업장의 작업장 환경 점검과 함께 개선점에 대한 통보를 하고 있다(NIOSH, 2012).

‘10년에 측정한 공군 항공기 정비 부대의 작업환경 측정 결과 중 공기 중 납, 카드뮴, 망간의 농도는 ‘16년 고용노동부에서 고시한 시간 가중 평균치(TLV-TWA, time-weighted average) 노출 기준인 납  $0.05 \text{ mg/m}^3$ , 카드뮴  $0.01 \text{ mg/m}^3$ , 망간  $1 \text{ mg/m}^3$  미만으로 나왔다. ACGIH(미국 산업위생 협의회, American conference of governmental industrial hygienists)에서는 TLVs (threshold limit values)미만인 경우에도 모든 근로자가 보호받는 것은 아니며 감수성이 높은 소수 근로자는 기존의 질병 상태가 악화되거나 직업병으로 발전하여 심각한 영향을 받을 수 있다고 하였다. 따라서 공군 작업환경 측정 결과가 고용노동부의 허용기준 미만인 경우에도 장기간 동안 중금속에 노출 시 정비사의 건강상에 장애가 나타날 수 있을 것이다.

최근 공군에서는 항공기 정비작업장의 작업환경과 정비사의 건강에 대한 관심이 높아지고 있다. 이석호 등(2005)은 항공기 정비작업장의 포름알데히드 노출 수준을 측정하고 정비사와 사무실 근무자의 건강에 대한 주관적 자각 증상을 조사하였다. 그 결과 공기 중 포름알데히드 농도는 항공기 기종에 따라 다른 결과를 보였고, 눈, 코, 인 후두, 기관지 및 피부 자극에 대한 증상 경험은 사무실 근무자보다 정비사에서 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). 오충식 등(2006)의 연구에서는 항공기 정비작업장의 작업환경측정치와 정비사의 혈중 망간 농도를 분석하여

보고하였다. 그 결과 작업환경측정치와 정비사의 혈중 망간 농도가 고용노동부 허용기준을 초과하지 않았음을 보고하였다. 그러나 기존 연구는 주관적 자각 증상과 단편적 작업환경측정 자료였거나 정비사의 혈중 망간을 측정했으나 작업 환경적 요인에 따라 혈중 망간 농도의 차이를 통계적으로 분석하는 과정이 없었다.

본 연구의 목적은 공군 항공기 정비사의 혈중 중금속(카드뮴, 망간, 납) 농도를 확인하고 혈중 중금속 농도에 영향을 줄 수 있는 주요 요인을 세가지(일반적, 건강 행태적, 작업 환경적)로 분류하여(Figure 1) 혈중 중금속 농도에 영향을 미치는 요인을 알아보는 것이다. 또한 혈중 중금속 농도와 체내 산화적 손상(oxidative stress)의 상관성을 분석함으로써 중금속에 의한 반응성 산소종(ROS, Reactive oxygen species)의 영향을 알아보는 것이다. 이를 확인하기 위해 산화적 손상의 생물학적 지표로 알려진 요중 malondialdehyde (이하 MDA)를 측정하고자 한다.

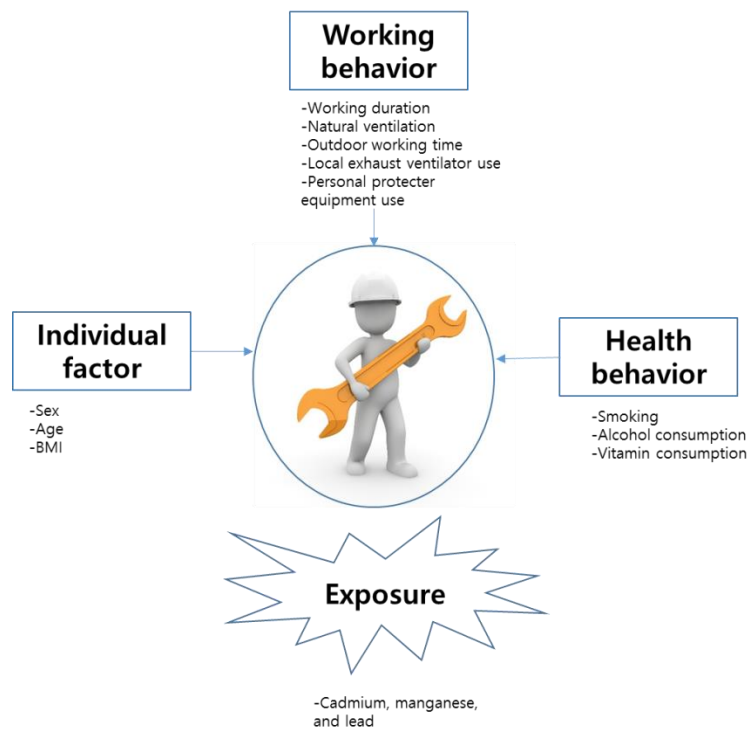


Figure 1. Scheme of correlation among individual factors, health behaviors, and working behaviors of mechanics.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구대상 및 설문조사

본 연구에는 공군 비행단 내에서 항공기 정비 업무를 하는 군장병(정비사) 60명이 참여 하였으나 혈액 및 소변 시료 수집 또는 설문지 자료의 누락으로 최종 대상자는 48명이었다.

설문조사는 2010년 봄에 실시하였으며 대상자들과의 직접 면담에 의하여 설문이 이루어졌다. 설문지 내용은 성별, 연령, 신장, 체중 등을 알아보는 일반적 요인과 흡연 습관, 음주 습관, 비타민 섭취 여부를 알아보는 건강 행태적 요인을 포함하였다. 또한 정비사의 작업 환경적 요인을 알아보기 위해 자연환기시간, 실외작업시간, 국소배기장치 사용 여부, 개인보호장구 착용 여부, 특수건강진단 수검 여부 등을 포함하였다(부록 1). 일반적 요인 중 Body mass index(BMI)지수는 설문지에 작성된 체중(kg)을 신장(m)의 제곱으로 나누어 산정하였다. BMI지수가 18.5 미만인 경우를 저체중, 18.5이상 25미만인 경우를 정상, 25이상 30미만인 경우를 경도 비만, 30 이상인 경우를 비만으로 정의하였다(WHO, 1995). 설문지 내용에서 작업 환경적 요인 중 자연환기는 작업장의 창문을 열고 실외 공기와 실내 공기가 순환하도록 하는 것으로 정의하며 횟수에 대한 산정은 1회를 10분 이상으로 하였다.

혈중 중금속의 농도 비교 시에는 중위수로 비교하였으며, 각 그룹간 농도의 차이 비교 시에는 기하평균(Geometric mean: GM)으로 구하였다.

본 연구는 서울대학교 보건대학원의 연구 윤리위원회(Institutional Review Board)로부터 검토 및 승인을 받았고 대상자들에게는 연구 목적과 관련 내용을 설명한 후 서면동의를 받았다.

## 2.2. 생체 시료 수집 및 측정

본 연구는 연구에 동의한 전체 대상자에 대하여 혈액에서는 혈중 카드뮴, 망간, 납 농도를 측정하였고 소변에서는 요중 MDA 농도를 측정하였다. 수집된 전혈(whole blood) 4 mL은 다른 오염물질과 혼합되지 않도록 주의하면서 EDTA관에 넣었다. 전처리 방법으로 이들 시료는 거품이 발생하지 않도록 롤러 믹서로 균질화 시킨 후, 시료의 보존성을 위해 -80°C 초저온 냉동고에 보관되었다. 소변 시료는 종이컵에 채취하여 50 mL 코니칼 튜브에 분주하여 보관하였으며, 분석 전까지 -20°C 냉동고에 보관되었다.

혈중 카드뮴, 망간, 납 농도 분석은 공군부대 실험실에서 수행되었다. 전혈 0.1 mL에 희석액 1.8 mL, 탈이온수 0.1 mL, 전혈 0.1 mL을 섞어 전처리 하였으며, 볼텍스 믹서로 30초간 혼합한 후 전처리한 시료를 원자흡광광도계(AA-6701, Shimadzu, Japan)를 이용하여 카드뮴은 228.8 nm, 망간은 279.5 nm, 납은 283.3 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 그러나 해당실험실에서는 분석 자료만 제공하였으며 검출한계(LOD, limit of detection)는 제공하지 않았다. 제공된 자료에서는 혈중 카드뮴, 망간, 납의 검출률이 각각 66.22%, 97.30%, 17.57% 였다. 따라서 혈중 납 농도의 경우에 미검출된 값은 제외하고 통계적 분석을 하였으며 혈중 카드뮴과 망간 농도는 최소값을 LOD로 가정하였다. 결과값은 Log 변환 시

대수정규분포를 하는 것으로 나타났으며 미검출된 값을  $LOD / \sqrt{2}$  로 추정하였다(Hornung, 1990).

본 연구에서는 산화적 손상 정도를 평가하기 위해 지질과산화(lipid peroxidation)의 산물인 malondialdehyde(MDA)의 양을 분석하였고 분석은 서울대학교 보건대학원에서 수행되었다. TBARS(thiobarbituric acid substance) Assay Kit(OxiSelect™ TBARS Assay Kit, Cell Biolabs, Inc. CA, USA)를 이용하여, TBA(thiobarbituric acid)와의 반응 후 형성되는 MDA-TBA adduct를 측정하였다. 즉, 100  $\mu$ L의 소변시료를 마이크로 튜브에 분주한 후 100  $\mu$ L의 SDS Lysis Solution와 섞고 5분 동안 상온에 방치하였다. TBA Reagent를 250  $\mu$ L 섞은 후 튜브를 닫고 95°C에서 60분 간 배양 하였으며, 얼음에 5분 동안 넣어 시료들을 냉각하였다. 시료를 꺼내서 3000 rpm에서 15분 간 원심분리하고, 200  $\mu$ L의 MDA standards와 시료를 96-well microplate에 넣은 후, 흡광광도계(Tecan Infinite 200; Tecan, Männedorf, Switzerland)를 이용하여 흡광도를 532 nm의 파장에서 측정하였다.

## 2.3. 통계적 분석

통계적 분석은 SAS 9.4(version 9.4: SAS Institute Inc. Cary, NC) 통계 패키지를 이용하였으며, 통계학적 유의성 검정 수준은  $p$ -value<0.05로 하였다. 정규분포하지 않는 혈중 카드뮴, 망간, 납 농도는 대수 전환(log transformation)하여 분석하였다.

정비사의 비직업적 요인(일반적 요인, 건강 행태적 요인)에 따른 혈중 중금속 및 요중 MDA 농도의 차이를 확인하기 위해 ANOVA(Analysis of variance), Student's  $t$ -test를 수행하였고 사후 검정은 Turkey's 검정(Turkey



honestly significant difference test)을 실시하였다. 작업 환경적 요인에 따른 혈중 카드뮴, 망간, 납 농도의 차이와 검출률의 차이는 Student's *t*-test와 카이 제곱 검정(chi-square test)을 이용하여 확인하였으며 이때 검출률이 97%인 혈중 망간의 경우 검출률에 관한 통계적 분석은 제외하였다. 혈중 카드뮴, 망간과 요중 MDA 간의 상관관계를 알아보기 위해 Spearman's 상관 분석을 실시하였으며, 검출률이 50% 미만인 혈중 납은 상관성 분석 시 제외하였다.

### 3. 연구결과

#### 3.1. 연구대상 특성

본 연구의 일반적인 인구 특성을 Table 1에 제시하였다.

정비사는 모두 남자(48명, 100%)였으며 연령대는 20대가 27명(57%)로 가장 많았다. BMI지수는 18.5이상-25미만(정상)인 정비사(33명, 68%)가 가장 많았다.

비흡연자는 21명(44%)였고 1년 이상 흡연한 정비사는 24명(50%)였다. 특히 15년 이상 흡연한 정비사는 9명(19%)였다. 비음주자는 21명(44%)로 가장 많았고 1달에 2-3번 음주하는 그룹은 17명(35%)였다. 비타민 복용은 17명(35%)이 비타민을 복용하였다.

복무기간은 5년 미만이 24명(50%)으로 가장 많았고 20년 이상 근무(9명, 19%), 15년 이상-20년 미만 근무(7명, 15%), 10년 이상-15년 미만 근무(5명, 10%), 5년 이상-10년 미만 근무(3명, 6%)순 이었다.

계급 분포로 살펴보면 정비사의 경우 병사(22명, 46%)가 가장 많았고, 다음으로 부사관(21명, 44%)이었다.

Table 1. General characteristics of study population

Characteristics	N	%
Total	48	100
Sex		
Male	48	100
Age		
20 to<30	27	57
30 to<40	10	21
40 to<50	6	13
50 to<60	5	10
BMI		
18.5 to<25	33	68
25 to<30	14	30
≥30	1	2
Smoking (years)		
No	21	44
<1	3	6
1 to<5	7	15
5 to<10	4	8
10 to<15	4	8
≥15	9	19
Alcohol consumption		
No	21	44
2-3 times/month	17	35
1-2 times/week	8	17
Daily	-	-

Table 1. (Continued)

Characteristics	N (%)	Mechanics (%)
Vitamin consumption		
Yes	17	35
No	31	65
Working duration (years)		
1 to<5	24	50
5 to<10	3	6
10 to<15	5	10
15 to<20	7	15
≥20	9	19
Grade		
Officer		-
Warrant officer	4	8
Technical sergeant- Chief master sergeant	21	44
Airman basic- Staff sergeant	22	46
Airforce servant	1	2

-: Not available.

Abbreviations: BMI, body mass index.

### 3.2. 혈중 중금속 농도와 요중 MDA 농도 분석 결과

일반적 요인에 따른 혈중 중금속 농도의 분석 결과는 Table 2에 나타났다. 혈중 카드뮴, 망간 농도의 중위수는 각각 0.14  $\mu\text{g/L}$ , 1.39  $\mu\text{g/dL}$ 였다.

본 연구에 참여한 정비사는 모두 남성이었기 때문에 성별에 따른 혈중 중금속 농도의 차이는 볼 수 없었다.

30대 그룹의 혈중 카드뮴 농도의 중위수는 0.24  $\mu\text{g/L}$ 로 다른 연령 그룹보다 가장 높았다. 혈중 망간 농도의 중위수는 50대가 1.56  $\mu\text{g/dL}$ 로 가장 높았다.

BMI지수에 따른 혈중 카드뮴 농도의 중위수는 BMI지수가 30이상인 그룹(비만)이 0.20  $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높았다. 혈중 망간 농도의 중위수는 BMI지수 18.5 이상-25 미만인 그룹(정상)에서 1.40  $\mu\text{g/dL}$ 로 가장 높았다.

정비사의 일반적 요인(성별, 연령, BMI지수)에 따른 혈중 카드뮴, 망간 농도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 2. Cadmium and manganese concentrations according to demographic characteristics in mechanics

Variable	Cadmium (µg/L)			Manganese (µg/dL)		
	N (%)	Median (Range)	GM	N (%)	Median (Range)	GM
Total	48 (100)	0.14 (ND-6.50)	0.07	48 (100)	1.39 (ND -2.45)	1.27
Sex						
Male	48 (100)	0.14 (ND -6.50)	0.07	48 (100)	1.39 (ND -2.45)	1.27
Female	-	-	-	-	-	-
Age						
20 to<30	27 (57)	0.04 (ND -2.76)	0.04	27 (57)	1.21 (0.65-2.07)	1.22
30 to<40	10 (21)	0.24 (ND -6.50)	0.22	10 (21)	1.39 (ND -1.85)	1.26
40 to<50	6 (13)	0.13 (ND -0.38)	0.09	6 (13)	1.47 (1.08-2.45)	1.53
50 to<60	5 (10)	0.15 (ND -0.43)	0.10	5 (10)	1.56 (0.56-1.76)	1.31
BMI						
<18.5	-	-	-	-	-	-
18.5 to<25	33 (68)	0.10 (ND -2.76)	0.05	33 (68)	1.40 (0.56-1.90)	1.27
25 to<30	14 (30)	0.17 (ND -6.50)	0.14	14 (30)	1.36 (ND -2.45)	1.30
≥30	1 (2)	0.20	0.20	1 (2)	1.20	1.20

-: Not available.

Abbreviations: GM, geometric mean; ND, non-detected; BMI, body mass index.

건강 행태적 요인에 따른 혈중 중금속 농도의 분석 결과는 Table 3에 나타냈다.

흡연 습관에 따른 혈중 카드뮴 농도는 흡연기간이 10년 이상-15년 미만 그룹의 중위수가 0.19  $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높았다. 혈중 망간 농도의 중위수는 흡연 기간이 15년 이상인 그룹이 1.52  $\mu\text{g/dL}$ 로 가장 높았다.

음주 습관에 따른 혈중 카드뮴 농도의 중위수는 주 2-3회 음주하는 그룹이 0.20  $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높았다. 혈중 망간 농도의 중위수는 음주하지 않는 그룹이 1.42  $\mu\text{g/dL}$ 로 가장 높았다.

비타민 섭취를 하는 그룹의 혈중 카드뮴 농도의 중위수(0.14  $\mu\text{g/L}$ )와 혈중 망간 농도의 중위수(1.39  $\mu\text{g/L}$ )는 비타민 섭취하지 않는 그룹에 보다 높았다.

정비사의 건강 행태적 요인(흡연 습관, 음주 습관, 비타민 섭취)에 따른 혈중 카드뮴, 망간 농도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 3. Cadmium and manganese concentrations according to behavior characteristics in mechanics

Variable	Cadmium (µg/L)			Manganese (µg/dL)		
	N (%)	Median (Range)	GM	N (%)	Median (Range)	GM
Total	48 (100)	0.14 (ND-6.50)	0.07	48 (100)	1.39 (ND-2.45)	1.27
Smoking (years)						
No	21 (44)	0.17 (ND-0.51)	0.06	21 (44)	1.40 (0.65-2.07)	1.27
<1	3 (6)	0.10 (0.02-2.76)	0.17	3 (6)	0.99 (0.96-1.18)	1.03
1 to<5	7 (15)	0.01 (ND-0.40)	0.03	7 (15)	1.41 (1.01-1.56)	1.31
5 to<10	4 (8)	0.11 (ND-0.18)	0.06	4 (8)	1.36 (ND-1.80)	1.07
10 to<15	4 (8)	0.19 (ND-0.49)	0.10	4 (8)	1.26 (1.11-1.73)	1.32
≥15	9 (19)	0.14 (ND-6.50)	0.16	9 (19)	1.52 (0.56-2.45)	1.43
Alcohol consump- tion						
No	21 (44)	0.12 (ND-0.51)	0.04	21 (44)	1.42 (0.85-2.07)	1.36
2-3 times /month	17 (35)	0.20 (ND-6.50)	0.15	17 (35)	1.38 (0.65-2.45)	1.30
1-2 times /week	8 (17)	0.07 (ND-0.15)	0.04	8 (17)	1.30 (ND-1.76)	1.07
3-4 times /week	2 (4)	0.18 (0.10-0.25)	0.16	2 (4)	1.14 (1.00-1.32)	1.12
Daily	-	-	-	-	-	-
Vitamin consump- tion						
Yes	17 (35)	0.14 (ND-6.50)	0.09	17 (35)	1.39 (ND-2.07)	1.25
No	31 (65)	0.13 (ND-2.76)	0.07	31 (65)	1.25 (0.56-2.45)	1.29

-: Not available.

Abbreviations: GM, geometric mean; ND, non-detected.



작업 환경적 특성에 따른 혈중 중금속 농도의 분석 결과는 Table 4에 나타냈다.

근무기간에 따른 혈중 카드뮴 농도의 중위수는 15년 이상-20년 미만인 그룹이 0.22  $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높았다. 혈중 카드뮴의 검출과 근무기간을 15년 이상, 5년 미만인 그룹으로 나누어 그룹 간 검출률을 비교한 결과 15년 이상 그룹이 혈중 카드뮴의 검출률이 87.50%로 5년 미만 그룹의 검출률 58.33%보다 높았다(Table 5). 두 그룹 간 검출률의 차이는 통계적으로 유의하였다( $p<0.05$ ). 혈중 망간의 농도의 중위수는 20년 이상 근무한 그룹이 1.56  $\mu\text{g/dL}$ 로 가장 높았다.

계급에 따른 혈중 카드뮴 농도의 중위수를 비교한 결과 부사관과 준사관이 0.14  $\mu\text{g/L}$ 로 같았고 군무원이 0.25  $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높았다. 혈중 망간 농도의 중위수는 군무원이 1.76  $\mu\text{g/dL}$ 로 가장 높았다. 계급에 따른 혈중 카드뮴, 망간 농도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

자연환기에 따른 혈중 카드뮴 농도의 중위수는 하루종일 자연환기하는 그룹이 0.20  $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높았고 혈중 망간 농도의 중위수는 2번이상-4번 이하 환기시키는 그룹(1.41  $\mu\text{g/dL}$ )이 가장 높았다. 자연환기에 따른 혈중 카드뮴, 망간 농도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 4. Cadmium and manganese concentrations according to working characteristics in mechanics

Variable	Cadmium (µg/L)			Manganese (µg/dL)		
	N (%)	Median (Range)	GM	N (%)	Median (Range)	GM
Total	48 (100)	0.14 (ND-6.50)	0.07	48 (100)	1.39 (ND-2.45)	1.27
Working duration (years)						
1 to<5	24 (50)	0.07 (ND-2.77)	0.05	24 (50)	1.20 (0.65-2.07)	1.21
5 to<10	3 (6)	0.14 (ND-0.29)	0.06	3 (6)	1.34 (1.21-1.54)	1.35
10 to<15	5 (10)	0.08 (ND-0.25)	0.04	5 (10)	1.31 (ND-1.80)	1.08
15 to<20	7 (15)	0.22 (0.07-6.50)	0.37	7 (15)	1.39 (1.01-1.85)	1.40
≥20	9 (19)	0.14 (ND-0.43)	0.08	9 (19)	1.56 (0.56-2.45)	1.45
Grade						
Warrant officer	4 (8)	0.14 (ND-0.43)	0.08	4 (8)	1.48 (0.56-1.76)	1.21
TS- CMS	21 (44)	0.14 (ND-6.50)	0.11	21 (44)	1.38 (ND-2.45)	1.32
AB-SS	22 (46)	0.03 (ND-2.76)	0.04	22 (46)	1.22 (0.65-2.07)	1.23
Airforce servant	1 (2)	0.25	0.25	1 (2)	1.76	1.76
Natural ventilation (times) <sup>#</sup>						
No	16 (33)	0.13 (ND-2.76)	0.07	16 (33)	1.30 (ND-1.80)	1.18
<2	17 (35)	0.13 (ND-6.50)	0.09	17 (35)	1.39 (0.56-2.45)	1.33
2 to<4	7 (15)	0.12 (ND-0.29)	0.04	7 (15)	1.41 (0.77-1.76)	1.30
4 to<10	1 (2)	0.17	0.17	1 (2)	1.15	1.15
All day	7 (15)	0.20 (ND-0.43)	0.05	7 (15)	1.40 (0.85-1.90)	1.33
OWT (hrs)						
<0.5	4 (8)	0.29 (ND-0.46)	0.12	4 (8)	1.00 (0.85-1.80)	1.11
0.5 to<1	8 (17)	0.13 (ND-2.76)	0.08	8 (17)	1.35 (0.85-1.90)	1.33
1 to<2	16 (33)	0.21 (ND-0.73)	0.10	16 (33)	1.40 (0.65-2.07)	1.34
2 to<4	16 (33)	0.10 (ND-6.50)	0.06	16 (33)	1.40 (ND-2.45)	1.28
≥4	4 (8)	0.03 (ND-0.43)	0.03	4 (8)	1.14 (0.77-1.40)	1.09
LEV use						
Yes	7 (15)	0.25 (0.34-0.43)	0.19	7 (15)	1.51 (1.01-2.07)	1.49
No	41 (85)	0.12 (ND-6.50)	0.06	41 (85)	1.34 (ND-2.45)	1.24
PPE use						
Always	13 (27)	0.07 (ND-0.49)	0.05	13 (27)	1.52 (1.08-2.45)	1.55 <sup>*a</sup>
Sometimes	20 (42)	0.14 (ND-6.50)	0.07	20 (42)	1.40 (0.56-1.90)	1.31 <sup>ab</sup>
No	15 (31)	0.20 (ND-0.51)	0.10	15 (31)	0.99 (ND-1.90)	1.04 <sup>b</sup>

-: Not available.

Abbreviations: GM, geometric mean; TS, Technical sergeant; CMS, Chief master sergeant; AB, Airman basic; SS, Staff sergeant; OWT, Outdoor working time; LEV, Local exhaust ventilation; PPE, personal

protector equipment.

\* $p < 0.05$  (AVONA test).

#One natural ventilation was defined as opening the windows for more than 10 minutes.

Alphabets in GM represent Tukey grouping following Tukey's post hoc test.

Table 5. Detection status of cadmium according to working duration in mechanics

Working duration (N)	Non-detected (%)	Detected (%)	<i>p</i> -value <sup>a</sup>
≥15 years (16)	2 (12.50)	14 (87.50)	0.049
<5 years (24)	10 (41.67)	14 (58.33)	

<sup>a</sup>The *p*-values were derived by Chi-square test.

실외작업시간에 따른 혈중 카드뮴 농도의 중위수를 비교하였을 때 실외 작업시간이 30분 이하인 그룹이 0.29  $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높았다. 혈중 카드뮴 농도를 상위 50%, 하위 50%그룹으로 나누고 실외작업시간 2시간 미만, 2시간 이상인 그룹을 나누어 차이를 분석하였다(Table 6). 그 결과 실외작업시간이 2시간 미만인 그룹이 카드뮴 농도 상위 50%그룹에 속할 비율이 60.71%로 2시간 이상인 그룹의 비율인 35%보다 높았으며 이는 통계적 유의성 경계선 상에 있었다( $p=0.079$ ). 혈중 망간 농도의 중위수는 1시간 이상-2시간 미만인 그룹과 2시간 이상-4시간 미만인 그룹이 1.40  $\mu\text{g/dL}$ 로 같았고 이 두 그룹은 다른 그룹보다 높았다. 혈중 납 농도의 중위수는 30분이상-1시간 미만인 그룹이 2.87  $\mu\text{g/dL}$ 로 가장 높았다.

국소배기장치 사용에 따른 각각 혈중 카드뮴, 망간 농도의 중위수는 국소배기장치를 사용하는 그룹(0.25  $\mu\text{g/L}$ , 1.51 $\mu\text{g/dL}$ )이 사용하지 않는 그룹보다 높았다. 국소배기장치 사용 여부에 따른 혈중 카드뮴 검출률을 비교하였을 때 국소배기장치 미사용 그룹의 혈중 카드뮴 검출률은 100%로 사용 그룹의 혈중 카드뮴 검출률인 63.41%보다 높았으며(Table 7) 검출률의 차이는 통계적 유의성 경계선 상에 있었다( $p=0.054$ ). 국소배기장치 미사용 그룹의 정비사가 혈중 카드뮴 농도 상위 50%에 속한 비율이 85.71%로 국소배기장치를 사용한 그룹의 정비사가 혈중 카드뮴 상위 50%그룹에 속한 비율인 43.90%보다 높았다(Table 6). 이 차이는 통계적으로 유의하였다( $p<0.05$ ).

작업 시 개인보호장구 착용에 따른 혈중 카드뮴 농도의 중위수는 미착용 그룹의 중위수가 0.20  $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높았다. 혈중 망간 농도의 중위수는 개인보호장구를 항상 착용하는 그룹이 1.52  $\mu\text{g/dL}$ 로 가장 높았다. 개인보호장구 착용에 따른 혈중 망간 농도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

Table 6. Detection status of cadmium and manganese according to occupational behavior in mechanics

Variable	Cadmium in blood			Manganese in blood		
	Lower group <sup>a</sup> N (%)	Upper group <sup>b</sup> N (%)	<i>p</i> -value <sup>c</sup>	Lower group <sup>a</sup> N (%)	Upper group <sup>b</sup> N (%)	<i>p</i> -value <sup>c</sup>
Total (N=48)	24 (50)	24 (50)		24 (50)	24 (50)	
Working duration						
≥10 years	9 (43.86)	12 (57.14)	0.383	8 (38.10)	13 (61.90)	0.146
<10 years	15 (55.56)	12 (44.44)		16 (59.26)	11 (40.74)	
Outdoor working time						
<2 hrs	11 (39.29)	17 (60.71)	0.079	15 (53.57)	13 (46.43)	0.558
≥2 hrs	13 (65.00)	7 (35.00)		9 (45.00)	11 (55.00)	
Natural ventilation						
No	23 (51.11)	22 (48.89)	0.551	22 (48.89)	23 (48.89)	0.551
Yes	1 (33.33)	2 (66.67)		2 (66.67)	1 (33.33)	
Local exhaust ventilation use						
No	1 (14.29)	6 (85.71)	0.041	2 (28.57)	5 (71.43)	0.220
Yes	23 (56.10)	18 (43.90)		22 (53.66)	19 (46.34)	
Personal protector equipment use						
No	6 (40.00)	9 (60.00)	0.350	11 (73.33)	4 (26.67)	0.029
Yes	18 (54.55)	15 (45.45)		13 (39.39)	20 (60.61)	

<sup>a</sup> Lower group represents down 50 percentile of subjects.

<sup>b</sup> Upper group represents top 50 percentile of subjects.

<sup>c</sup> The *p*-values were derived by Chi-square test.

Table 7. Detection status of cadmium according to occupational behaviors in mechanics

Variable	Non-detected N (%)	Detected N (%)	<i>p</i> -value <sup>a</sup>
Total (N=48)	15 (31.25)	33 (68.75)	
Working duration			
≥10 years	4 (19.05)	17 (80.95)	0.108
<10 years	11 (40.74)	16 (59.26)	
Outdoor working time			
<2 hrs	7 (25.00)	21 (75.00)	0.269
≥2 hrs	8 (40.00)	12 (60.00)	
Natural ventilation			
No	14 (31.11)	31 (68.89)	0.936
Yes	1 (33.33)	2 (66.67)	
Local exhaust ventilation use			
No	0 (0)	7 (100)	0.054
Yes	15 (36.59)	26 (63.41)	
Personal protector equipment use			
No	3 (20.00)	12 (80.00)	0.257
Yes	12 (36.36)	21 (63.64)	

<sup>a</sup> The *p*-values were derived by Chi-square test.

개인보호장구 착용에 대해 사후 분석 결과 항상 착용하는 그룹과 미착용 그룹의 차이는 통계적으로 유의하였다( $p<0.05$ ). 개인보호장구 착용 여부에 따른 혈중 망간 농도 상위 10명 그룹과 하위 10명 그룹 간의 오즈비 (Odds ratio, OR)는 13.5(95% 신뢰구간, 1.19-152.21)였다(Table 8). 개인보호장구를 착용하는 정비사와 특수건강진단 수검 여부에 따라 혈중 망간 농도의 차이를 분석하였다(Table 9). 그 결과 개인보호장구를 착용하는 정비사가 특수건강진단을 받은 비율이 86.67%로 개인보호장구를 착용하는 정비사가 특수건강진단을 받지 않은 비율인 60.61%보다 높았다. 이 차이는 통계적 유의성 경계선 상에 있었다( $p=0.071$ ).



Table 8. Manganese in blood- odds ratio for personal protector use in mechanics

Variable	Manganese in blood		OR <sup>c</sup>	95% CI <sup>d</sup>
	Lower group <sup>a</sup> (%)	Upper group <sup>b</sup> (%)		
Personal protector equipment use (N=20)				
No (13)	9 (69.23)	4 (30.77)	13.5	1.19-152.21
Yes (7)	1 (14.29)	6 (85.71)		

<sup>a</sup> Lower group represents down 10 subjects of metal concentration.

<sup>b</sup> Upper group represents top 10 subjects of metal concentration.

<sup>c</sup> Odds Ratio

<sup>d</sup> Confidence Interval

Table 9. Relationship between personal protector use and special hospital examination in mechanics

Special health examination (N)	Personal protector equipment use		
	Yes (%)	No (%)	<i>p</i> -value <sup>a</sup>
Yes (15)	13 (86.67)	2 (13.33)	0.071
No (33)	20 (60.61)	13 (39.39)	

<sup>a</sup>The *p*-values were derived by Chi-square test.

일반적, 건강 행태적, 작업 환경적 요인에 따른 납 농도를 Table 10에 나타냈다. 납이 검출된 정비사는 총 48명 중 8명(17%)이었다.

혈중 납의 중위수는 1.43  $\mu\text{g/dL}$ 였고 본 연구에 참여한 정비사는 모두 남성이었기 때문에 성별에 따른 혈중 중금속 농도의 차이는 분석할 수 없었다.

연령에 따른 납 농도의 중위수는 20세 이상-40세 미만인 2.06  $\mu\text{g/dL}$ 로 40세 이상-60세 미만보다 높았다. BMI지수에 따른 납 농도의 중위수는 18.5 이상-25미만인 그룹(정상)이 1.54  $\mu\text{g/dL}$ 로 25이상-30미만인 그룹(경도 비만)보다 높았다.

흡연여부에 따른 납 농도의 중위수는 비흡연자가 1.73  $\mu\text{g/dL}$ 로 흡연자보다 높았다. 음주여부에 따른 납 농도의 중위수는 비음주자가 1.80  $\mu\text{g/dL}$ 로 음주하는 그룹보다 높았다. 비타민 섭취 여부에 따른 납 농도의 중위수는 비타민 미섭취 그룹이 1.54  $\mu\text{g/dL}$ 로 섭취하는 그룹보다 높았다.

근무기간이 15년 미만인 그룹의 중위수가 2.06  $\mu\text{g/dL}$ 로 15년 이상 그룹보다 높았다. 혈중 납의 검출과 근무기간을 10년 이상, 10년 미만인 그룹으로 나누어 그룹 간 검출률을 비교하였을 때(Table 11) 10년 이상 그룹의 혈중 납 검출률이 28.57%로 10년 미만 그룹의 검출률 7.41%보다 높았다. 그룹 간 검출률 차이는 통계적 유의성 경계선 사이에 있었다( $p=0.051$ ).

계급에 따른 혈중 납 중위수는 병사가 2.44  $\mu\text{g/dL}$ 로 다른 그룹(부사관, 준사관, 군무원)보다 높았다.

자연환기에 따른 혈중 납 중위수는 2번 이상인 그룹이 2.02  $\mu\text{g/dL}$ 로 2번 미만인 그룹보다 높았다. 실외작업시간에 따른 혈중 납 중위수는 실외작업시간이 2시간 미만인 그룹이 1.57  $\mu\text{g/dL}$ 로 2시간 이상보다 높았다.

국소배기장치 사용여부에 따른 혈중 납 중위수는 사용하는 그룹이 1.54

μg/dL로 사용하지 않는 그룹보다 높았다. 혈중 납의 검출과 국소배기장치 사용 여부를 나누어 그룹 간 검출률을 비교하였을 때(Table 11) 사용시 납 검출률이 12.20%로 미사용시 검출률의 42.86%보다 낮았다. 그룹 간 검출률 차이는 통계적으로 유의하였다( $p<0.05$ ). 개인보호장구 착용 여부에 따른 혈중 납 농도의 중위수는 착용그룹이 1.72 μg/dL로 미착용그룹보다 높았다.

일반적, 건강 행태적, 작업 환경적 요인에 따른 혈중 납 농도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 10. Lead concentrations according to demographic, behavior, and working characteristics in mechanics

Variable	N (%)	Median (Range)	GM
Total	8 (100)	1.43 (0.03-4.85)	0.88
Sex			
Male	8 (100)	1.43 (0.03-4.85)	0.88
Age			
20 to<40	3 (38)	2.06 (0.03-4.85)	0.57
40 to<60	5 (62)	1.27 (0.51-1.75)	1.15
BMI			
18.5 to<25	7 (88)	1.54 (0.03-4.85)	0.88
25 to<30	1 (12)	0.88	0.88
Smoking			
No	4 (50)	1.73 (0.03-4.85)	0.58
Yes	4 (50)	1.40 (0.88-1.75)	1.36
Alcohol consumption			
No	3 (38)	1.80 (0.03-4.85)	0.41
Yes	5 (62)	1.42 (0.88-1.75)	1.38
Vitamin consumption			
Yes	3 (38)	1.31 (0.88-1.75)	1.27
No	5 (62)	1.54 (0.03-4.86)	0.71
Working duration (years)			
<15	3 (38)	2.06 (0.03-4.85)	0.57
≥15	5 (62)	1.27 (0.51-1.75)	1.15
Grade			
Warrant officer-CMS	3 (37)	1.60 (0.00-1.75)	0.37
AB-SS	2 (25)	2.44 (0.03-4.85)	1.17
Natural ventilation (times) <sup>#</sup>			
<2	4 (50)	1.11 (0.51-1.75)	1.01
≥2	4 (50)	2.02 (0.03-4.85)	0.77
OWT (hrs)			
<2	4 (50)	1.57 (0.03-4.85)	0.50
≥2	4 (50)	1.56 (1.31-1.75)	1.55
LEV use			
Yes	4 (50)	1.54 (0.88-1.65)	1.30
No	4 (50)	1.31 (0.03-4.85)	0.70
PPE use			
Yes	7 (88)	1.72 (0.03-4.85)	0.94
No	1 (12)	0.51	0.51

Abbreviations: GM, geometric mean; BMI, body mass index; CMS, Chief master sergeant; OWT, Outdoor working time; LEV, Local exhaust ventilation; PPE, personal protector equipment.

<sup>#</sup>One natural ventilation was defined as opening the windows for more than 10 minutes.

<sup>a</sup> Since detection rate of lead was too low, only detected subjects were shown.  
Units in µg/dL

Table 11. Detection status of lead according to occupational behaviors in mechanics

Variable	Non-detected N (%)	Detected N (%)	<i>p</i> -value <sup>a</sup>
Total (N=48)	40 (83.33)	8 (16.67)	
Working duration			
≥10 years	15 (71.43)	6 (28.57)	0.051
<10 years	25 (92.59)	2 (7.41)	
Outdoor working time			
<2 hrs	24 (85.71)	4 (14.29)	0.601
≥2 hrs	16 (80.00)	4 (20.00)	
Natural ventilation			
No	37 (82.22)	8 (17.78)	0.424
Yes	3 (100)	0 (0)	
Local exhaust ventilation use			
No	4 (57.14)	3 (42.86)	0.044
Yes	36 (87.80)	5 (12.20)	
Personal protector equipment use			
No	14 (93.33)	1 (6.67)	0.210
Yes	26 (78.79)	7 (21.21)	

<sup>a</sup> The *p*-values were derived by Chi-square test.

성별, 흡연, 음주 습관, 비타민 섭취에 따른 요중 MDA 농도를 Table 12에 나타냈다. 정비사의 요중 MDA 농도의 중위수는 7.21  $\mu\text{mol/L}$ 였다.

본 연구에 참여한 정비사는 모두 남성이었기 때문에 성별에 따른 요중 MDA 농도를 비교할 수 없었다.

흡연에 따른 요중 MDA 농도를 분석하였을 때 흡연기간이 15년 이상-20년 미만 그룹의 중위수가 7.80  $\mu\text{mol/L}$ 로 가장 높았다.

음주에 따른 요중 MDA 중위수는 월 2-3회 음주하는 그룹의 요중 MDA 중위수가 7.64  $\mu\text{mol/L}$ 로 다른 그룹보다 높았다.

비타민 섭취를 하는 그룹의 요중 MDA의 중위수가 6.99  $\mu\text{mol/L}$ 로 미섭취 그룹의 7.55  $\mu\text{mol/L}$ 보다 낮았다.

성별, 흡연, 음주 습관, 비타민 섭취에 따른 요중 MDA 농도 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.



Table 12. MDA concentrations according to demographic and behavior characteristics in mechanics

Variable	N (%)	Median (Range)	GM
Total	48 (100)	7.21 (0.32-16.63)	6.37
Sex			
Male	48 (100)	7.21 (0.32-16.63)	6.37
Smoking (years)			
No	21 (44)	5.45 (0.32-13.14)	6.06
<1	3 (6)	3.96 (1.14-7.71)	4.27
1 to<5	7 (15)	7.46 (5.80-9.24)	7.50
5 to<10	4 (8)	4.18 (1.65-8.01)	4.51
10 to<15	4 (8)	5.79 (0.89-16.63)	7.28
≥15	9 (19)	7.80 (0.96-14.28)	7.33
Alcohol drinking			
No	21 (44)	7.00 (0.32-13.14)	6.29
2-3 times /month	17 (35)	7.64 (0.39-16.63)	7.06
1-2 times /week	8 (17)	5.86 (3.00-8.91)	6.08
3-4 times /week	2 (4)	2.42 (0.89-3.96)	2.43
Daily	-	-	-
Vitamin consumption			
Yes	17 (35)	6.99 (0.32-11.41)	5.45
No	31 (65)	7.55 (0.39-16.63)	6.88

-: Not available.

Abbreviations: GM, geometric mean.

Units in  $\mu\text{mol/L}$ .

### 3.3 혈중 중금속 농도와 요중 MDA농도의 상관성 분석

혈중 중금속과 요중 MDA 농도의 상관성을 분석한 결과는 Table 13에 나타냈다.

혈중 망간 농도와 요중 MDA 농도가 유의한 양의 상관관계를 보였고 ( $p<0.05$ ) 그 외 지표 간에는 통계적으로 유의한 상관관계가 없었다.

Table 13. Spearman's correlation coefficients among biological endpoints in bloods or urine

Parameters	Correlation coefficient ( <i>r</i> )		
	Cd	Mn	MDA
Cd	1.00	0.029	-0.002
Mn		1.00	0.293*
MDA			1.00

Abbreviations: Cd, cadmium; Mn, manganese; MDA, malondialdehyde.

\* $p < 0.05$ .

## 4. 고찰

본 연구에서 작업 환경적 요인 중 혈중 카드뮴, 납에 영향을 주는 요인은 근무기간이었다. 혈중 카드뮴 검출률은 근무기간이 15 년 이상인 그룹(87.50%)이 5 년 미만 그룹의 검출률(58.33%)보다 높았으며 통계적으로 유의하였다(Table 5). 또한 혈중 납의 검출률은 근무기간이 10 년을 이상인 그룹(28.57%)이 10 년 미만인 그룹(7.41%)보다 통계적으로 유의하게 높았다(Table 11). 이와 같은 결과는 기존 연구에서도 관찰되었다. Decharat(2016)의 연구에서는 중금속에 노출되는 근로자의 혈중 카드뮴, 납 농도가 10 년 이상인 그룹이 10 년 이하인 그룹보다 통계적으로 유의하게 높음을 보고하였다. 김규희 등(1998)의 연구에서는 용접장 근로자의 혈중 망간 농도가 용접 기간에 따라 유의한 차이를 가져온다는 결과를 얻으며 특히 20 년 미만인 그룹보다 20 년 이상 그룹에서 혈중 망간이 높다는 것으로 보고한 바 있다. 근무기간은 노출 기간과 같은 의미로 간주할 수 있으므로 근무기간이 길수록 혈중 카드뮴, 망간, 납의 농도가 높아질 수 있음을 추론할 수 있다.

자연환기는 실내 중금속을 줄일 수 있는 요인이다. 기존 연구결과(Nastiti 등, 2010)에서도 용접장 환경에서 일부 개방된 실내 공기질과 실외작업장 공기질을 분석하였을 때 실외작업장의 공기질 중 망간 농도가 더 낮았다. Li 등(2003)의 연구에서는 자연환기는 외부 공기의 유입과 실내공기의 교환과정에서 공기 중 총 입자의 농도가 감소한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 자연환기에 따라 혈중 카드뮴, 망간, 납 농도가 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 7, Table

11). 통계적으로 유의하지 않았으나 혈중 납 검출률은 자연환기를 하지 않는 그룹이 17.78%로 자연환기를 하는 그룹의 0%보다 높았다. 국소배기장치 사용여부에 따른 납 검출률의 차이를 분석하면 국소배기장치 미사용 정비사의 혈중 납 검출률이 42.86%로 사용시의 납 검출률인 12.20%보다 높았으며 통계적으로 유의하였다(Table 11). Flynn 등(2016)의 연구에서는 산업장에서 자연환기보다 국소배기장치 사용이 공기 중 망간, 크롬의 농도를 40-50 퍼센트 더 감소시킨다고 보고하였다. 이와 같이 기존 연구 결과와 본 연구를 고려하면 자연환기가 작업장 실내 공기질 개선에 기여할 수 있으나, 본 연구의 혈중 납 검출률에서는 자연환기보다 기계적 장치의 기여가 컸다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 실외작업시간을 2시간 미만과 2시간 이상으로 나누었을 때(Table 6), 2 시간 미만인 그룹의 정비사가 혈중 카드뮴 농도 상위 50%그룹에 속한 비율(60.71%)이 2 시간 이상인 그룹의 정비사가 혈중 카드뮴 농도 상위 50%그룹에 속한 비율(35%)보다 높았고 이는 통계적 유의성 경계선 상에 있었다( $p=0.079$ ). 실외에서의 작업은 자연환기 같은 개념으로 실외 공기의 순환으로 작업 공간의 공기 중 중금속 농도를 낮춘다고 볼 수 있다. ATSDR(미국 독성물질 질병등록국, Agency for Toxic Substance and Disease Registry)에서는 카드뮴 흡수의 주요 경로 중 하나가 호흡기계를 통한 체내 카드뮴 유입이라고 보고하였다. 따라서 실외작업과정에서 호흡시 체내로 흡입되는 공기 중 카드뮴의 양이 감소되어 혈중 카드뮴 농도가 낮아졌음을 추론할 수 있다. 정재식 등(2006)의 연구는 정비사의 실외작업 빈도와 중추신경계 자각 증상, 눈 증상, 기타 증상 등 과의 차이를 분석하였을 때 실외작업을 하지 않는 그룹의 중추신경계 자각 증상, 눈 증상, 기타 증상 등이 통계적으로

유의하게 높다고 보고하였다. 기존 연구는 주관적 자각 증상에 관한 연구였으나 본 연구 결과와 함께 고려하였을 때 실외작업시 작업공간의 공기 순환에 따라 공기 중 중금속 농도의 감소로 인해 정비사 혈중 중금속 농도를 포함하여 건강에 영향을 줄 수 있을 것이다.

국소배기장치 사용 여부에 따라서 혈중 중금속 농도를 분석하였을 때 국소배기장치 미사용 정비사가 혈중 카드뮴 농도 상위 50%그룹에 속한 비율(85.71%)이 국소배기장치를 사용하는 정비사가 혈중 카드뮴 농도 상위 50%에 속한 비율(43.90%)보다 높았고 이는 통계적으로 유의한 결과를 보였다(Table 6). 이와 같은 결과를 보았을 때 국소배기장치가 혈중 카드뮴 농도에 중요한 역할을 하는 것을 알 수 있다. Lehnert 등(2014)의 연구에 따르면 국소배기장치가 실내 공기에서의 망간 농도를 낮추고 혈중 망간 농도가 통계적으로 유의하게 감소시켰음을 보고하였다. Meeker 등(2007)은 쇠 파이프 용접 작업장에서 국소배기장치 설치 전과 설치 후를 총 입자의 양을 측정하였을 때, 총 입자의 농도가  $1.8 \text{ mg/m}^3$  에서  $0.74 \text{ mg/m}^3$  로 감소하는 결과를 보고하였다. Wang 등(1989)의 연구에서는 용접장의 환기 시스템의 고장 후가 고장 전에 비해 신경학적 증상을 호소하는 근로자가 증가하였고 환기 시스템 수리 후 추가적으로 신경학적 증상을 호소하는 근로자는 없었다는 보고를 하였다. 또한 환기 시스템의 수리 전, 후 공기 중 망간 농도를 비교하였을 때 수리 전이  $24 \text{ mg/m}^3$  였고 수리 후가  $4.4 \text{ mg/m}^3$  로 공기 중 망간 농도가 감소한 결과를 보고하였다. 본 연구에서는 작업장 환경을 측정하지 않았으나 기존 연구를 통해 국소배기장치가 작업장의 공기 중 망간 농도의 감소에 중요한 원인으로 알 수 있었고 이로 인해 호흡을 통해 체내로 유입되는 망간의 양에 영향을 줄 수 있음을 추론할 수 있다.

본 연구에서는 개인보호장구를 항상 착용하는 정비사 그룹의 혈중 망간의 기하평균( $1.55 \mu\text{g/dL}$ )이 미착용 그룹의 기하평균( $1.04 \mu\text{g/dL}$ )보다 높았으며 통계적으로 유의하였다(Table 4). 또한 개인보호장구를 착용하는 정비사가 혈중 망간 농도의 상위 50%그룹에 속한 비율(60.61%)이 미착용 그룹의 비율(26.67%)보다 통계적으로 유의하게 높았다(Table 6). Decharat (2016)의 연구에서는 직업적으로 납과 카드뮴에 노출되는 근로자 중 개인보호장구를 착용하는 경우 혈중 납과 카드뮴 농도가 미착용 근로자와 비교하였을 때 통계적으로 유의하게 낮았다는 보고를 하였다. Lehnert 등(2014)의 연구에서는 직업적으로 망간에 노출되는 근로자가 개인보호장구를 착용 전과 후를 비교하였을 때 착용 후 혈중 망간 농도가 유의하게 낮아졌다는 결과를 보고하였다. 이러한 기존 연구와 본 연구를 비교하였을 때 본 연구는 기존 연구와 다른 결과를 얻었다. 본 연구의 개인보호장구를 착용하는 정비사 집단의 특성을 분석하였을 때 개인보호장구를 착용하는 정비사가 특수건강진단을 받은 비율이(Table 9) 통계적 유의성 경계선 상에 있었다( $p=0.071$ ). 특수건강진단은 산업안전보건법 시행규칙(고용노동부, 2017)에 의거하여 유해물질에 노출되는 근로자를 대상으로 시행하게 되며 공군에서도 각 부대의 정비작업장에 작업환경측정 자료와 작업장 보건 카드를 근거로 특수건강진단 대상자를 선정하여 진단을 실시하고 있다. 따라서 특수건강진단을 받는다는 의미는 특수건강진단을 받지않는 정비사보다 중금속 등을 포함한 유해한 작업 환경에 있다는 것이며, 개인보호장구를 착용하는 경우라도 혈중 중금속이 높을 수 있음을 추론할 수 있다.

본 연구에서는 정비사의 혈중 망간 농도와 요중 MDA 수준이 양의 상관관계를 나타냈다( $p=0.07$ ). 이와 같은 결과는 기존 연구와 같았다.

Yiin 등(2006)의 연구에서는 직업적으로 망간에 노출되는 근무자의 혈중 망간 농도와 MDA 농도의 상관성이 통계적으로 유의하였다. Farina 등(2013)의 연구에 의하면 망간은 도파민(dopamin)을 산화시켜 반응성 산소종(ROS, Reactive oxygen species)을 생성하며 이로 인해 산화적 손상(oxidative stress)이 생긴다고 보고하였다. 기존 연구와 본 연구를 통해 정비사의 작업환경으로 인해 증가된 혈중 망간이 산화적 손상을 일으킴을 알 수 있다. 본 연구에서는 유의하지 않았으나 Moitra 등(2014)의 연구에서는 카드뮴에 직업적으로 노출되는 근무자의 요중 카드뮴과 혈중 MDA 농도가 유의한 상관관계를 보였다. Cuypers 등(2010)은 카드뮴은 비산화환원성 금속(non-redox metal)으로 직접적으로 산화적 손상을 일으키지는 않지만 NADPH(환원 효소)를 산화시켜 반응성 산소종을 생성하게 하여 산화적 손상을 일으키고 설프히드릴기(sulfhydryl)와 결합하여 항산화 효소의 생성과 항산화 과정을 억제한다고 한다. 기존 연구와 본 연구를 통해 정비사의 작업 환경으로 인한 혈중 중금속에 대한 노출이 산화적 손상에 영향이 줄 수 있음을 알 수 있다.

본 연구를 통해 노출에 대한 생체지표(biomarkers of exposure)인 혈중 중금속 농도와 이에 영향을 줄 수 있는 각종 요인(개인적, 건강 행태적, 작업 환경적 요인)과의 통계적 분석을 통해 군 항공기 정비사의 혈중 중금속 농도에 영향을 미치는 작업 환경적 요인을 알 수 있는 좋은 기회였다. 또한 효과에 대한 생체지표(biomarkers of effect)인 산화적 손상까지 연결지음으로써 노출에 대한 건강영향에 대해 알 수 있었다. 이는 추후 군, 민간 유해환경에 근무하는 정비사 건강과 작업환경의 관리, 중재에 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.



## <제한점>

본 연구에서 혈중 납과 카드뮴의 검출률이 각각 17.57%, 66.22%로 특히 혈중 납의 경우 미검출된 시료가 50%를 넘었다. 공군 부대에서 LOD 값에 대한 정보를 제공하지 않았으므로 연구과정에서 각각 혈중 중금속의 최소값을 LOD 로 가정하였다. 따라서 측정된 혈중 카드뮴, 망간, 납 농도에 관한 정량적 비교에는 제한점이 있었다. 그러나 혈중 카드뮴, 망간, 납 농도와 비직업적 요인(일반적 요인, 건강 행태적 요인), 작업 환경적 요인과의 정성적 비교가 가능하였고 절대적인 정량적 비교에는 제한이 있으나 혈중 중금속 농도인 객관적 자료를 제시하여 설명했다는 점에서 의의가 있다.

## 5. 결론

본 연구를 통해 공군 정비사의 혈중 카드뮴, 망간, 납 농도에 영향을 미치는 작업 환경적 요인을 알 수 있었다. 정비사의 혈중 카드뮴의 검출률은 근무기간, 국소배기장치 사용 여부에 영향을 받았고 혈중 카드뮴 농도의 상위 50%그룹의 정비사는 실외작업시간과 국소배기장치 사용 여부의 영향을 받았다. 혈중 망간 농도는 개인보호장구를 착용한 정비사가 미착용자 보다 높았다. 또한 개인보호장구를 착용하는 정비사가 특수 건강검진을 받은 비율이 미착용 정비사의 비율보다 높았다. 이를 통해 개인보호장구를 착용하는 정비사가 미착용 정비사보다 중금속에 많이 노출되는 환경에 있으며 개인보호장구 착용시에도 혈중 중금속이 높을 수 있음을 추론할 수 있었다. 혈중 납 검출률은 근무기간, 국소배기장치 사용 여부에 영향을 받았다. 혈중 망간과 요중 MDA 의 통계적으로 유의한 상관관계가 있다는 결과를 통해 작업 환경적으로 노출되는 중금속으로 인해 산화적 손상이 발생할 수 있음을 추론하였다.

## 참고문헌

고용노동부. 2016. 유해물질의 허용농도. 고용노동부 고시 제 2016- 41호.

고용노동부. 2017. 특수건강진단의 시기 및 주기. 고용노동부 고시 제 2017-179호.

김규희, 임현술, 유선희. 1998. 용접경력자의 망간에 의한 건강 장애에 관한 연구. 예방의학회지 31(4):644-665.

오충식, 김상섭, 이석호. 2006. 용접작업장에서 공기 중 용접 흠 망간 및 혈액 중 망간 농도에 관한 조사. 공군항공우주의료원학술지 53(2):113-122.

이석호, 오충식, 최태성, 김상섭, 장은철, 이태용. 2005. 항공기 배기가스 노출작업자들의 Formaldehyde 노출 수준과 주관적 자극 증상에 대한 연구. 항공의학 52(1):111-126.

정재식, 강윤성. 2006. 항공기 정비종사자와 사무실 종사자의 건강 자각증상에 관한 연구. 항공우주의료원 학술지 53(2):91-111.

ACGIH (American conference of governmental industrial hygienists). 2009. TLVs& BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substance and physical agents & biological exposure indices.

ATSDR (Agency for Toxic Substance and Disease Registry). 2012. Toxicological profile for cadmium. Atlanta (GA). Available:<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>.

Bennett JS, Marlow DA, Nourian F, Breay J, Hammond D. 2016. Hexavalent chromium and isocyanate exposure during military aircraft painting under crossflow ventilation. *J Occup Environ Hyg* 13(5):356-371.

Cuypers A, Plusquin M, Remans T, Jozefczak M, Keunen E, Gielen H, Opdenakker K, Nair AR, Munters E, Artois TJ, Nawrot T, Vangronsveld J, Smeets K. 2010. Cadmium:an oxidative challenge. *Biometals* 23:927-940.

Decharat S. 2016. Heavy metal exposure and hygienic behaviors of worker in sanitary landfill area in southern Thailand. *Scientifica* 2016:1-9.

Farina M, Avila DS, Teixeira JB, Aschner M. 2013. Metals, oxidative stress and neurodegeneration: a focus on iron, manganese, and mercury. *Neurochemistry International* 62:575-594.

Flynn MR, Susi P. 2012. Local exhaust ventilation for the control of welding fumes in the construction industry- a literature review. *Ann. Occup. Hyg* 56(7):764-776.

Gorell JM, Rybicki BA, Cole Johnson C, Peterson EL. 1999. Occupational metal exposure and the risk of parkison's disease. *Neuroepidemiology* 18(6):303-308.

Hornung RW, Reed LD. 1990. Estimation of average concentration in the presence of nondetectable values. *Appl Occup Environ Hyg* 5(1):46-51.

Johri N, Jacquillet G, Unwin R. 2010. Heavy metal poisoning:the effect of cadmium on the kidney. *Biometals* 23(5):783-792.

Lehnert M, Weiss T, Pesch B, Lotz A, Zilch-Schoneweis S, Heinze E, Van Gelder R, Hahn JU, Bruning T. 2014. Reduction in welding fume and metal exposure of stainless steel welders: an example from the WELDOX study. *Int Arch Occup Environ Health* 87(5):483-492.

- Li Y, Chen Z. 2003. A balance-point method for assessing the effect of natural ventilation on indoor particle concentrations. *Atmospheric Environment* 37:4277-4285.
- Mackenthun K. 2015. Descriptive analysis of U.S. air force occupational injuries and illnesses. Wright State university, Dayton, Ohio.
- Meeker JD, Susi P, Flynn MR. 2007. Manganese and welding fume exposure and control in construction. *J Occup Environ Hyg* 4(12):943-951.
- Moitra S, Brashier BB, Sahu S. 2014. Occupational cadmium exposure-associated oxidative stress and erythrocyte fragility among jewelry workers in India. *Am J Ind Med* 57(3):1064-1072.
- Nastiti A, Oginawati K, Santoso M. 2010. Manganese exposure on welders in small-scale mild steel manual metal a welding industry. *J Appl Sci Environ Sanit* 5(3):227-238.
- Navas-Acien A, Guallar E, Silbergeld EK, Rothernberg SJ. 2007. Lead exposure and cardiovascular disease- a systemic review. *Environ Health Perspect* 115(3):472-482.
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). 2012. Health hazard evaluation report: metalworking fluid exposure at an aircraft engine manufacturing facility- Ohio. NIOSH HETA No. 2010-0144-3164.
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). 2013. Exposure to lead and other metals at an aircraft repair and flight school facility. NIOSH HETA No. 2012-0115-3186.
- OSHA (Occupational Safety & Health Administration). 2016. Local emphasis program for aircraft support and maintenance facilities. OSHA Instruction CPL-04-05.

Peters JL, Perlstein TS, Perry MJ, Mcneely E, Weuve J. 2010. Cadmium exposure in association with history stroke and heart failure. *Environ Res* 110(2):199-206.

Report of a WHO expert committee. 1995. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. *World Health Organ Tech Rep Ser* 854:433.

Wang JD, Huang CC, Hwang YH, Chiang JR, Lin JM, Chen JS. 1989. Manganese induced parkinsonism: an outbreak due to an unrepaired ventilation control system in a ferromanganese smelter. *Br J Ind Med* 46(12):856-859.

Yiin SJ, Lin TH, Shih TS. 1996. Lipid peroxidation in workers exposed to manganese. *Scand J Work Environ Health* 22(5):381-386.

## <부록 1>

항공기 정비사의 작업 환경과 건강 영향 연구를 위한 설문조사



< 안 내 말 씀 >

안녕하십니까?

저는 서울대학교 보건대학원에서 환경보건학 석사과정 중인 대위 류기욱입니다. 본 설문지는 공군 항공기 정비사를 대상으로 중금속(납, 카드뮴, 망간)의 인체노출평가 연구를 수행하기 위해 개발된 것입니다.

본 연구를 통해 비직업적 요인(일반적 요인, 건강 행태적 요인), 작업 환경적 요인과 인체 내 혈중 중금속(납, 카드뮴, 망간)및 산화적 손상 정도의 차이, 상관성을 확인하여 작업장 환경 개선과 개인의 건강관리 방법을 모색할 것입니다.

본 연구를 참여를 통해 귀하는 혈중 중금속(카드뮴, 망간, 납) 농도와 산화적 손상 지표의 농도를 알 수 있으며 혈중 중금속 농도와 산화적 손상 수준을 줄일 수 있는 방법을 모색할 수 있는 중요한 정보를 제공하시게 됩니다.

설문에 대한 정답이나 오답은 없습니다. 귀하께서 최대한 정확하게 설문에 답해주시는 것이 중요합니다. 각 문항에 대한 질문을 읽고 가장 적절한 응답에 표시( √ )해 주시기 바랍니다. 본 설문은 총 3부분으로 되어 있으며 약 10분 가량 소요될 것입니다. 설문 후에는 약 4ml의 혈액 채취, 50cc의 소변을 채뇨할 예정입니다. 설문 후에는 소정의 답례품을 드릴 것입니다. 질문사항이 있으시면

언제든 저에게 연락(군전화:0000) 주시면 친절히 답해드릴 것입니다.

귀하가 작성하신 모든 내용은 철저히 비밀이 보장됩니다. 귀하의 답변과 개인 정보는 통계적으로 처리되어 개인이 드러나지 않으며, 본 조사의 결과는 학술적 연구에만 이용됨을 알려드립니다. 이 연구에 참여한 이후에라도 원하시는 경우 언제든지 참여를 철회할 수 있습니다.

연구 후에는 체내 중금속(카드뮴, 망간, 납) 농도, 산화적 손상 지표 농도를 통지해드리며, 유해물질의 인체 노출량을 줄이기 위한 방법에 대해 안내해 드리겠습니다.

일자 : '10. . .

참여자 성명:

서명 :



서울대학교 보건대학원  
GRADUATE SCHOOL OF PUBLIC HEALTH  
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY



## 1. 일반 사항에 관한 질문

1. 성별을 표기하여 주십시오.

①남 ②여

2. 연령(만 나이로)을 표기하여 주십시오.

①20대 ②30대 ③40대 ④50대

3. 신장과 체중을 표기하여 주십시오.

①신장 cm ②체중 kg

4. 귀하의 계급을 표기하여 주십시오.

①병사 ②부사관 ③준사관 ④장교 ⑤군무원

5. 귀하의 학력을 표기하여 주십시오.

①고졸 ②전문대학 졸업 ③대학졸업 ④대학원 이상

6. 입대 후 현재까지 군 복무기간을 표기하여 주십시오.

①5년 미만 ②5년 이상 ~10년 미만 ③10년 이상~15년 미만 ④15년 이상~20년 미만 ⑤20년 이상

## 2. 건강 행태에 관한 질문

7. 귀하의 현재 건강상태는 어떠하다고 생각하십니까?

①아주 좋다 ②좋다 ③보통이다 ④좋지 않다 ⑤아주 좋지 않다

8. 귀하는 현재나 과거에 흡연을 하신 적이 있으십니까?

①네(▶ 8-1로) ②아니오(▶ 9로)

8-1. 흡연은 몇 년 동안 하셨습니까?

①1년 미만 ②1년 이상~5년 미만 ③5년 이상~10년 미만 ④10년 이상~15년 미만  
⑤15년 이상

8-2. 평균 하루에 담배(1갑에 20개피 기준)를 어느 정도 피우셨습니까?

①5개피 미만 ②5개피 이상~반갑 미만 ③반갑 이상~한갑 미만 ④한갑 이상

8-3. 현재 흡연을 하십니까? (▶ 9로)

①예 ②아니오

9. 귀하의 음주(술) 습관은 어떠하십니까?

①(거의)마시지 않음. ②월 2~3회 ③한주에 1~2회 ④한 주에 3~4회 ⑤ 거의 매일 마심

10. 귀하는 평소 건강을 위한 비타민제를 복용하고 계십니까?

①네 ②아니오

11. 다음과 같은 만성질환을 과거에 앓았거나 현재 진단(치료)를 받고 있습니까?  
(예, 결핵, 간염, 간장질환, 혈압, 심장병, 뇌졸중, 당뇨병, 암, 알레르기, 기타질환 등)

질환명	발병 년도	현재치료 상태	
		완치	치료중
		①	②
		①	②

### 3. 작업 행태에 관한 질문

12. 현재 일하고 계신 근무지 형태는 무엇입니까?

①정비작업장 ②일반 사무실

13. 업무시간 중(점심시간 제외) 작업장(사무실) 건물 밖에 있는 시간이 얼마나 되십니까?

①30분 미만 ②30분 이상 ~1시간 미만 ③1시간 이상 ~2시간 미만 ④2시간 이상~4시간 미만 ⑤4시간 이상

14. 귀하의 작업장(사무실)은 창문을 여는 것이 가능하십니까?

①네 ②아니요

15. 귀하의 작업장(사무실)에는 환풍기를 사용하고 있습니까?

①네 ②아니요

16. 귀하의 작업장(사무실)에서 하루 업무 중 자연환기(1회 10분 이상을 기준으로 하였을 때)를 어느 정도 하십니까?

①전혀 안함 ②1일 2회 이내 ③1일 2회 이상~4회 이내 ④1일 4회 이상~10회 이내 ⑤하루 종일 창문을 열고 작업한다.

17. 귀하의 작업장(사무실)의 실내 공기는 어떻다고 생각하십니까?

①매우 불쾌하다 ②불쾌하다 ③쾌적하다 ④매우 쾌적하다 ⑤기타()

(▶ 일반 사무실 근무자분들은 여기서 설문이 끝났습니다. 귀중한 자료를 제공해주셔서 감사합니다.)

18. 귀하의 작업장에 국소 배기 장치(후드)가 있습니까?

①있다. ②없다

19. 현재 근무부서와 정비 작업 시간 및 작업 횟수에 대해 체크해주세요.

정비부서	현재 소속 부서	현재 작업장에 배치된 경력(년수)	과거 근무했던 부서 (중복표기 가능)	과거 근무했던 부서에서의 경력(년수)	현재 1회당 정비 작업 시간	현재 1주당 작업 횟수
방부관리반						
용접반						
판금반						
비파괴검사반						
타이어반						
유압반						
시운전반						
액체산소반						
항공전자정비반						
항공장구반						
정비반						
장비중대						
기타 ( )						

<예시>

장비중대	V	2년	(정비반)	(3년)	4시간	3회
------	---	----	-------	------	-----	----

20. 현재 작업 시 사용해야 하는 개인보호장구가 무엇인가요?(중복 표기 가능함)

항목	표시	항목	표시	항목	표시
방독 마스크		앞치마		보호의	
보안경		안면 마스크		보호가죽 장갑	
고무장갑		보호 팔뚝개		기타	
이어플러그 (Ear plug)		이어 프로텍터 (Ear protec- tor)			
고무장화		보안면			

21. 작업시 착용해야 하는 개인보호장구를 모두 착용합니까?

- ① 항상 착용한다 ② 가끔 착용한다(▶ 22-1로) ③ 착용 안한다(▶ 23으로)  
④ 기타 ( )

22. 착용하지 않는다면 가장 큰 이유는 무엇입니까?

- ① 보호구 착용시 느끼는 답답함  
② 착용/ 재착용에서 느끼는 귀찮음  
③ 보호구 크기가 맞지 않음  
④ 보호구의 부족  
⑤ 건강 보호에 큰 영향을 주지 않을 것 같음  
⑥ 기타( )

23. 현재 귀하는 정기적으로 유해환경 근무자 특수검진을 받고 계십니까?

- ① 네 ② 아니요

여기서 설문이 끝났습니다. 귀중한 자료를 제공해 주셔서 감사합니다.

## Abstract

Aircraft maintenance mechanics are continuously exposed to various chemicals, however, few investigations have been performed to examine the exposure levels and their potential sources. In the present study, we evaluated the exposure levels of heavy metals (cadmium, manganese, and lead) and oxidative stress biomarkers among aircraft maintenance mechanics (n=48) in Korea air force, and investigated for their potential sources. For this purpose, we collected blood and urine samples from an air force base. In addition, a questionnaire survey was conducted to investigate personal or occupational environment factors.

Working duration, local exhaust ventilation and outdoor working time was identified to be significantly related with detection of blood cadmium and lead. Use of personal protector equipment in work place was identified to be significantly related with increased concentrations of blood manganese, but this unexpected result seems to result from a tendency that mechanics within more harmful environment use personal protector equipment more frequently. Working duration, local exhaust ventilation and outdoor working time was identified to be significantly related with detection of blood cadmium and lead. Significantly positive concentration was found between the concentrations of blood manganese in urinary MDA ( $p<0.05$ ).

The results of this study will provide information useful for developing health and safety management for aircraft maintenance mechanics.

---

Keywords: Aircraft maintenance mechanics, blood heavy metals, malondialdehyde, oxidative stress, personal protect equipment, local exhaust ventilation

Student number: 2008-22153